

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРЯЧЕГО ДУТЯ ПО ФУРМАМ ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ

В.Г. Дружков, М.Ю. Ширшов

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет имени Г.И. Носова»
(г. Магнитогорск, Россия)

Обобщены причины неравномерного распределения дутья по фурмам доменных печей, результаты работ по внедрению систем автоматического распределения дутья по фурмам (САРД), показана высокая эффективность этого мероприятия, выявлены причины свертывания работ в мире по этому направлению. Обоснована необходимость и возможность внедрения САРД нового поколения в настоящее время. Повысить равномерность распределения горячего дутья по фурмам может рациональное сочетание подвода к кольцевому воздухопроводу и вывода из «кольцевого» в фурменные приборы.

Ключевые слова: доменная печь, подача дутья в горн, неравномерность распределения его по фурмам, САРД первого поколения, эффективность внедрения их, необходимость разработки и использования САРД нового поколения, «кольцевой» и «прямой» воздухопроводы, тангенциальный подвод горячего дутья.

The reasons for unsteady blast distribution in the tuyeres and the results of introducing of systems of automatic distribution of blast (SADB) in tuyeres were generalized, high efficiency of this investigation was demonstrated, the reasons for ending of scientific work in terms of this topic. The necessity and possibility of introduction of new generation SADB in tuyeres today were proved. Raise uniformity of distribution of hot blast in tuyeres perfection of a design of knot of a supply of a «direct» to «circular» duct.

Keywords: blast furnace, delivery of blast in hearth, unsteady blast distribution in the tuyeres, new generation SADB in tuyeres, the effectiveness of its' introduction, the need for development and use of new generation SADB in tuyeres, «circulating» and «direct» ducts, tangential a supply of hot blast.

Равномерное распределение газов по окружности доменной печи является одним из условий, определяющих высокую эффективность доменной плавки. Неравномерность распределения горячего дутья по фурмам снижает технико-экономические показатели работы доменной печи [1–4].

В связи с этим актуальным для доменного производства России и мира является разработка новых решений в конструкции и организации подвода горячего дутья к кольцевому воздухопроводу и фурменным приборам.

Цель настоящей работы – повышение технико-экономических показателей доменной плавки путем снижения окружной неравномерности распределения дутья по фурмам доменных печей.

Для достижения указанной цели потребовалось решить следующие задачи:

- обобщение причин неравномерного распределения горячего дутья по фурмам;
- исследование типов устройств для замера и регулирования расхода горячего дутья по фурмам (включая САРД первого поколения);
- проведение экспериментов по определению расхода дутья по фурмам;
- совершенствование методов замера и регулирования расхода горячего дутья по фурмам (САРД нового поколения);
- совершенствование конструкции узла подвода горячего дутья к кольцевому воздухопроводу.

Исследованием распределения дутья по фурмам доменной печи стали заниматься сравнительно давно. Первые эксперименты провел в США Дж. Моу в 1918 г. на доменной печи № 4 завода «Карри Фернейсис». Как показывали измерения, расходы дутья через отдельные фурмы могут различаться в 1,5 раза [2].

Эта проблема по-прежнему остается актуальной и сегодня. Наиболее убедительным подтверждением о неравномерности распределения дутья по фурмам являются данные, которые были получены на печах А и Б ОАО «ММК» [1, 5].

Обобщены уже известные причины неравномерного распределения дутья по фурмам [5–7]:

- односторонний подвод горячего дутья к кольцевому воздухопроводу под прямым углом, в результате чего расход его на фурмах в секторах места ввода и диаметрально противоположного ему, как правило, выше;
- подвод дутья к кольцевому воздухопроводу в двух местах (сверху) добавил количество секторов с повышенным расходом дутья по фурмам. Такая схема подвода была предложена на доменной печи № 9 «Криворожстали» $V_{\text{н}} = 50$ и № 5 «Северстали» $V_{\text{н}} = 55$;
- разная газопроницаемость материалов в надфурменных зонах из-за неравномерного окружного распределения шихты;
- изменение сечения фурм при зарастании их шлаком;
- перекосы уровня шихты;
- искажение профиля печи в связи с излишним разгаром футеровки (в секторах над чугунными и шлаковыми летками), образованием настелей и гарнисажа излишней толщины;
- неполное смешивание горячего и холодного воздуха при работе смешительного клапана;
- разные значения архимедовой силы по секторам горна на выпуске, а значит и скорости схода и разрыхленности материалов;
- геометрия фурменных рукавов, попадание в диффузор фурменных приборов фрагментов огнеупорных изделий при частичном разрушении камеры горения воздухонагревателей и воздухопровода горячего дутья.

Удалось выявить новые причины. Например, место врезки в кольцевой воздухопровод устройства для взятия печи «на тягу», которое создает дополнительную турбулентность потока горячего дутья [5, 7].

В 50–60-х гг. XX столетия на ряде отечественных и зарубежных доменных печей были внедрены системы автоматического регулирования расхода дутья по фурмам (САРДы первого поколения) [8, 9].

Чаще всего в промышленности расход жидкостей и газов замеряется с помощью стандартных сужающих (дроссельных) устройств – шайб (диафрагм), сопел Лавала, труб Вентури [7, 8, 10].

Для регулирования расхода дутья по фурмам применяли дроссельные заслонки (мотыльки) (КМК, «Азовсталь»), шиберы (ММК) [8, 10].

Была доказана высокая эффективность этого мероприятия (неравномерность распределения горячего дутья снизилась в 4 раза, увеличение производительности на 4,1 % и сокращение удельного расхода кокса на 2,7 %), несмотря на то что средства замера и регулирования расхода дутья располагались внутри фурменных приборов и увеличивали их сопротивление. При маломощных воздуходувных машинах это снижало эффективность внедрения САРД первого поколения. Повышение температуры дутья до 1000–1100 °С привело к выходу из строя средств замера и регулирования расходов дутья по фурмам и свертыванию работ по внедрению САРД первого поколения [11–14].

Повышение равномерности распределения дутья по фурмам будет способствовать лучшему использованию тепловой и химической энергии газа. Новый импульс к возобновлению этих работ на более высоком уровне может придать предложение кафедры металлургии черных металлов МГТУ им. Г.И. Носова о регулировании расхода дутья по фурмам изменением места ввода природного газа (топливной добавки) в фурменном приборе. Увеличение расстояния места ввода природного газа от носка фурмы (следовательно, времени пребывания его в фурменном приборе) способствует росту степени полного горения и температуры газовоздушной смеси, а значит объема, скорости истечения и, в конечном итоге, сопротивления. Расход дутья через данную фурму упадет, а на остальные – увеличится. Необходимо устроить несколько мест ввода природного газа и поставить краны для подключения их к магистрали. На фурменном приборе типовой конструкции можно организовать два места ввода: во фланец (как делалось раньше) и в средней части фурмы [3, 5, 7].

Исследования показали, что не менее эффективным может быть совершенствование конструкции узла подвода горячего дутья к кольцевому.

На рис. 1 показана конструкция, в которой односторонний подвод дутья в кольцевой воздухопровод выполнен двумя патрубками (приме-

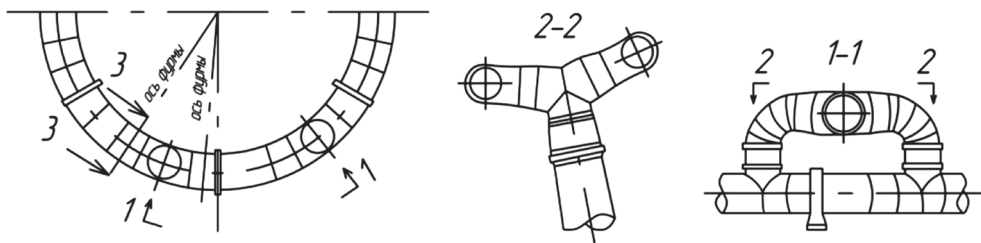
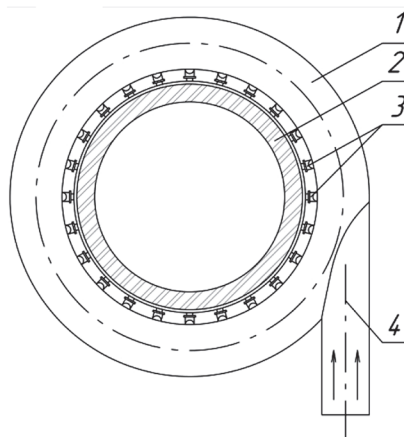


Рис. 1. Односторонний подвод (слева) горячего дутья к кольцевому воздухопроводу с двумя патрубками [16]

Рис. 2. Тангенциальный подвод горячего дутья:
1 – «кольцевой» воздухопровод; 2 – горн доменной печи; 3 – фурменные приборы; 4 – «прямой» воздухопровод



няется на доменных печах (ДП) № 5 «Северстали» и № 9 «Криворожстали»). Распределение горячего дутья по фурмам изучали в незагруженных печах во время их сушки после капитального ремонта 1-го разряда. Для обеих печей секторы с увеличенным на 10–20 % расходом дутья на фурму располагались вблизи подводов (№ 1 и № 2) в кольцевой воздухопровод и на диаметрально противоположной стороне [15].

Из приведенных в работе [15] данных следует, что при использовании двухпатрубкового подвода дутья его распределение по фурмам может быть улучшено увеличением (до 180°) угла разводки патрубков и соотношения площадей сечения кольцевого воздухопровода ($S_{к.в.}$) и воздушных фурм ($\Sigma S_{ф.в.}$).

Было предложено изучить влияние тангенциального подвода (рис. 2) на распределение дутья по фурмам.

Работы проводились на кафедре МЧМ МГТУ им. Г.И. Носова на круглой, разъемной модели доменной печи полезным объемом (V_n) 5000 м^3 , изображенной на рис. 3. Установка выполнена в масштабе 1:50 (без шихтовых материалов, количество фурм 36) с тангенциальным подводом «прямого» воздухопровода горячего дутья к «кольцевому», при этом диаметр «кольцевого» и «прямого» воздухопроводов одинаковы.

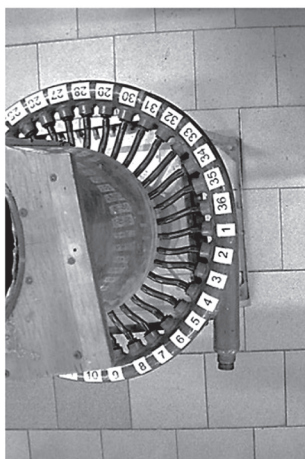


Рис. 3. Тангенциальный подвод горячего дутья к «кольцевому» воздухопроводу на модели доменной печи (М 1:50)

Воздухопроводы имитируют подачу в фурмы горячего дутья. На модели в кольцевой воздухопровод подавался холодный воздух ($t \approx 22^\circ\text{C}$). Из кольцевого воздухопровода через 36 фурменных приборов воздух поступал в пустое рабочее пространство. Место врезки «прямого» воздухопровода в кольцевой воздухопровод находились в районе фурм 1 и 36. Для измерения расхода воздуха применяли термоанемометр ТТМ-2-01. Все указанные измерения проводили при различных расходах дутья.

Отклонения расходов дутья по фурмам от среднего значения не превысили 7 %.

Тангенциальный подвод повышает скорость движения потока горячего дутья в кольцевом воздухопроводе за счет снижения удара горячего дутья о стенку «кольцевого» воздухопровода, в результате снижается статическое давление и расход горячего дутья по фурменным приборам на участке ввода и диаметрально противоположного ему, что в целом оказывает влияние на противоток газа и сход шихтовых материалов в горне доменной печи. Кроме того, при таком способе подвода горячего дутья удастся снизить ускоренное разрушение футеровки в местах ввода. Все это способствует улучшению технологических показателей работы доменной печи и позволяет увеличить производительность печи и уменьшить удельный расход кокса.

Выводы

1. Обобщены причины неравномерного распределения горячего дутья по фурмам.

2. САРД нового поколения гарантирует надежную и продолжительную службу.

3. На техсовете доменного цеха ОАО «ММК» доложено о САРД нового поколения. Технологи считают тему актуальной.

4. Другим способом совершенствования распределения дутья по фурмам является тангенциальный подвод, способствующий закручиванию потока, в результате газодинамических ударов меньше. Экспериментально доказано, что такой подвод горячего дутья к «кольцевому» воздухопроводу позволит обеспечить более равномерное распределение горячего дутья по фурмам.

Список использованных источников

1. Результаты оценки равномерности распределения дутья по фурмам доменных печей / Ширинов М.Ю., Дружков В.Г., Павлов А.В., Прохоров И.Е. // *Теория и технология металлургического производства*. – Магнитогорск: Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014. – № 2. – С. 27–31.

2. Бугаев К.М. *Распределение газов в доменных печах*. – М.: Металлургия, 1974. – 176 с

3. Дружков В.Г., Ширинов М.Ю. Причины неравномерного распределения дутья по фурмам доменных печей и необходимость оснащения их САРД нового поколения // *Теория и технология металлургического производства*. – Магнитогорск: Изд-во ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014. – № 1. – С. 27–31.

4. Сибатагуллин С.К., Харченко А.С. Чевычелов А.В. и др. Влияние коксового орешка на фильтрацию жидких продуктов плавки в горне доменной печи. *Вестник МГТУ им. Г.И. Носова*. – 2010. – № 4. – С. 26–28.

5. Дружков В.Г., Шишов М.Ю. Технологические аспекты использования САРД нового поколения на современных доменных печах // *Творческое наследие В.Е. Грум-Гржимайло: сборник докладов международной научно-практической конференции.* – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – С. 173–177.
6. Влияние распределения дутья по фурмам на газовый поток в доменной печи / К.М. Бугаев, В.М. Антонов, Г.В. Варшавский и др. // *Сталь.* – 1987. – № 2. – С. 17–22.
7. Шишов М.Ю., Дружков В.Г. Совершенствование систем автоматического распределения дутья по фурмам доменных печей // *Сталь.* – 2015. – № 1. – С. 9–12.
8. Гиммельфарб А.А., Ефименко Г.Г. Автоматическое управление доменным процессом. – М.: *Металлургия*, 1960. – 309 с.
9. Garcia P., Dancoisne P. // *РЖМет.* – 1966. – № 7. – 7В138.
10. Сажнев Н.Н. Система автоматического распределения дутья по фурмам доменной печи // *Бюллетень ЦИИИ.* – 1969. – № 13. – С. 37–39.
11. Работа доменной печи при автоматическом регулировании распределении дутья / Г.И. Чернов, Н.А. Евдокимов, Е.В. Мусэрский и др. // *Металлург.* – 1965. – № 4. – С. 8–10.
12. Анализ работы доменной печи при автоматическом регулировании дутья по воздушным фурмам / Г.Е. Сенько, В.Н. Оноприенко, А.П. Царицын и др. // *Сталь.* – 1965. – № 7. – С. 590–593.
13. Современные достижения в автоматизации управления технологией доменной плавкой / И.А. Рылов, В.А. Финогенов, М.М. Френкель // *Повышение технического уровня и совершенствование технологии доменного производства: тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания (Липецк, май 1982).* – М.: *Черметинформация*, 1982. – С. 9–11.
14. Тарасов В.П., Тарасов П.В. Теория и технология доменной плавки. – М.: *Интермет Инжиниринг*, 2007. – 384 с.
15. Большаков В. И. Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки / В.И. Большаков. – Киев: *Наукова думка*, 2007. – 410 с.
16. Кузнецов В.В. Металлические конструкции. В 3 т. 1.2. Стальные конструкции зданий и сооружений. *Справочник проектировщика.*